

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Compendio de agentes químicos de limpieza y sanitización y su evaluación en la industria láctea

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero en Agroindustria en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por

Juan Carlos Robelo Delgado

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2005

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan el derecho de autor.

Juan Carlos Robelo Delgado

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2005

Compendio de agentes químicos de limpieza y sanitización y su evaluación en la industria láctea

Presentado por

Juan Carlos Robelo Delgado

Aprobada:

Wilfredo Domínguez, M.Sc.
Asesor Principal

Raúl Espinal, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria

Luís Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor

George Pilz, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A mi padre Ernesto Robelo a mi madre Gioconda de Robelo, por siempre haber sido mi apoyo y mi inspiración, en los buenos y malos momentos de mi vida.

A mi hermano Santiago, por estar siempre dispuesto a escucharme y darme consejos para salir adelante.

A todas aquellas personas que tienen confianza en el desarrollo de la agroindustria en los países de Latinoamérica.

AGRADECIMIENTOS

A Dios padre todo poderoso, por darme las fuerzas para salir adelante, estar siempre a mi lado y ayudarme a cumplir esta meta.

A mi familia por ser fuente de apoyo incondicional y de amor infinito.

A mis profesores de la carrera de Agroindustria, por ayudarme a formar profesionalmente, y no haber sido solo profesores sino también amigos.

A mi asesor principal Ing. Wilfredo Domínguez por todo su apoyo y paciencia.

A mis amigos del ala Jesús García, Néstor Zamora, Gerardo Casco, Walter Lozano y Jorge Ulloa, por compartir a mi lado gratos momentos y no interrumpirme mientras escribía este documento. A mis compañeros y amigos Juan Ruano, “Francisco Javier” Taleón, por todo el apoyo que me proporcionaron y por los gratos momentos pasados.

A todos aquellos colegas que me brindaron su amistad y apoyo.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mis padres por brindarme la oportunidad de hacer mis sueños realidad.

A la secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG) por brindarme apoyo financiero para realizar mis estudios.

RESUMEN

Robelo, J. 2005. Compendio de agentes químicos de limpieza y sanitización y su evaluación en la industria láctea. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 40 p.

La industria alimentaria, con el fin de producir alimentos exentos de microorganismos que puedan alterar su composición y causar enfermedades a sus consumidores, requiere de medidas que aseguren su calidad e inocuidad. Limpieza y sanitización son factores claves para alcanzar dicho objetivo. Limpieza es el proceso que removerá la suciedad y prevendrá la acumulación de residuos de alimentos que pueden favorecer al crecimiento de organismos dañinos y la producción de toxinas. Sanitizar es crear y mantener condiciones higiénicas durante el proceso de manufactura de los alimentos para prevenir el crecimiento de microorganismos. El objetivo principal del estudio fue elaborar un compendio de agentes químicos de limpieza y sanitización y evaluar algunos de estos agentes químicos en la Planta de Lácteos de Zamorano. Se realizó un diseño completo al azar evaluándose 2 detergentes, 2 sanitizantes y 1 detergente-sanitizante. Se combinó cada detergente con cada sanitizante, obteniéndose así 5 tratamientos. Se evaluó únicamente la reducción microbiológica como parámetro para determinar la efectividad de los tratamientos. Para la realización de los análisis microbiológicos, se tomaron muestras por medio del método del hisopado antes de aplicar los tratamientos, después de la limpieza y al finalizar la aplicación de los sanitizantes en dos zonas predeterminadas de las tinas para queso. No se encontraron diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos, ya que luego de la aplicación del sanitizante todos los tratamientos resultaron en conteos de cero UFC/cm². Basándose en costos el Detersan[®] es el mejor tratamiento ya que cuenta con el menor costo por dosis y es estadísticamente similar a los otros tratamientos. El compendio se basó en los distintos detergentes y sanitizantes químicos utilizados en la industria alimentaria, su principal área de aplicación, funciones, ventajas y desventajas.

Palabras claves: Detergentes, higiene alimentaria, sanitizantes.

Wilfredo Domínguez, M.Sc.
Asesor Principal

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría	ii
Hoja de Firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Agradecimiento a patrocinadores	vi
Resumen	vii
Contenido	viii
Índice de cuadros	x
Índice de anexos	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	1
1.2. Límites del estudio	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades.....	3
2.2. La suciedad	3
2.3. Sanitización.....	4
2.3.1. La sanitización	4
2.3.2. Limpieza	4
2.3.3. Sanitizar	5
2.4. Agentes químicos de limpieza y sanitización	5
2.4.1. Agentes limpiadores.....	5
2.4.2. Agentes sanitizantes.....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Ubicación	8
3.2. Materiales.....	8
3.2.1. Materiales utilizados.....	8
3.2.2. Equipo.....	9
3.3. Métodos.....	9
3.3.1. Toma de muestras	9
3.3.2. Método de hisopado.....	10
3.3.3. Detergentes y sanitizantes.....	10
3.3.4. Análisis microbiológicos	11
3.3.5. Recuento de mesófilos aerobios.....	11
3.3.6. Recuento de coliformes totales	11
3.4. Diseño y análisis estadístico	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1. Coliformes totales	12
4.2. Mesófilos aerobios	13
4.3. Compendio de agentes químicos de limpieza y sanitización.....	18

5.	CONCLUSIONES.....	35
6.	RECOMENDACIONES	36
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	37
8.	ANEXOS	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1. Productos químicos utilizados para elaboración de limpiadores	6
2. Agentes químicos sanitizantes y su área de aplicación.....	7
3. Descripción de tratamientos de detergentes y sanitizantes	10
4. Conteo de coliformes totales (UFC/50 cm ²).....	12
5. Conteo de mesófilos aerobios (UFC/50 cm ²)	13
6. Reducción microbiológica expresada como Log ₁₀	14
7. Separación de medias de los tratamientos evaluados	14
8. Media general y desviación estándar	15
9. Precio de venta detergentes y sanitizantes	15
10. Precio y costo por dosis	15
11. Precio de los tratamientos (detergente + sanitizante) por dosis.....	15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Análisis Estadístico	39
-------------------------------	----

1. INTRODUCCIÓN

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA's), solamente en Estados Unidos se estima que causan cerca de 76 millones de casos cada año, contabilizando 325,000 hospitalizaciones, y 5,000 muertes (Jones y Gerber, 2001). Según el Centro de Seguridad Alimentaria y Nutrición Aplicada (1999), las ETA's son el mayor problema en cuanto a inocuidad alimenticia se refiere en los Estados Unidos.

La industria alimentaria debe tener mucha precaución en cuanto a las condiciones sanitarias del entorno en que funciona con el fin de producir alimentos exentos de microorganismos que puedan alterar la composición de los mismos y causar enfermedades a sus consumidores. Para esto se requiere de medidas que aseguren una calidad duradera por lo que limpieza y sanitización son factores claves para alcanzar dicho objetivo.

Limpieza es el proceso que removerá el sucio y prevendrá la acumulación de residuos de alimentos que pueden descomponerse o favorecer el crecimiento de organismos dañinos y la producción de toxinas (McSwane, 2001). El sucio está compuesto de polvo, restos de alimentos, minerales del agua, residuos de detergentes que contribuyen a su formación, así como las bio-películas de microorganismos. Como el sucio varía ampliamente en su composición, no existe un detergente que pueda eliminar todos sus componentes. La cantidad y tipo de sucio presente es de suma importancia para la eficiencia de los detergentes (Marriott, 1997).

Sanitizar, es crear y mantener condiciones higiénicas durante el proceso de manufactura de los alimentos para prevenir el crecimiento de microorganismos causantes de enfermedades. Sanitizar no es solamente limpiar sino que implica que tanto el equipo como los alimentos procesados no presenten niveles de microorganismos que se consideren peligrosos para la salud pública (Marriott, 1999).

1.1. JUSTIFICACIÓN

La apertura de mercados y la creciente demanda por industrias limpias, le exigen cada vez más a la industria alimentaria llevar un proceso seguro y constante de sanitización. El estudio surge debido a la necesidad de crear un compendio de agentes químicos que sirva como referencia para la limpieza y sanitización de la industria alimentaria. Estas medidas son claves ante las exigencias del mercado actual por productos inocuos y con un procesamiento confiable.

El problema de ETA's ha exigido a las industrias un mayor esfuerzo con el propósito de disminuirlos al máximo posible. La información sobre las ETA's y otros posibles perjuicios que presentan los alimentos han ocasionado que el consumidor demande productos inocuos sin olvidarse de la calidad.

1.2. LIMITES DEL ESTUDIO

- Se elaboró un compendio únicamente de agentes químicos de limpieza y sanitización.
- Se analizaron únicamente 2 tipos de detergentes, 2 sanitizantes y 1 detergente – sanitizante.
- Se analizó únicamente la reducción microbiológica de los detergentes y sanitizantes dejando por fuera análisis de remoción de grasa, remoción de minerales, corrosividad, solubilidad, humectación, enjuague e irritabilidad a la piel.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- Elaborar un compendio de agentes químicos de limpieza y sanitización que sirva como referencia para una correcta higiene de equipos y superficies en plantas de la industria alimentaria.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los niveles de mesófilos aerobios y coliformes totales en las tinas de quesos de la Planta de Lácteos de Zamorano.
- Determinar experimentalmente que tipo de tratamiento (detergente + sanitizante) es el más adecuado de aplicar en el área de quesos de la Planta de Lácteos de Zamorano.
- Revisión de literatura sobre agentes químicos de limpieza y sanitización para elaboración del compendio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES

Las industrias de procesamiento de alimentos tienen como deber sacar al mercado alimentos de calidad. El consumidor espera disponer sobre todo de alimentos exentos de bacterias y otros contaminantes. Esto requiere medidas que aseguren la inocuidad por lo que limpieza y sanitización son inexcusables para alcanzar tal objetivo.

La estabilidad en anaquel de los alimentos es un aspecto de gran importancia en la industria alimentaria. Los microorganismos son el principal factor de cambio de esta característica y que por ende alteran la calidad del producto. Por esta razón la sanitización es un proceso fundamental en las líneas de producción.

El equipo en plantas de procesamiento de alimentos se encuentra constantemente expuesto a contaminación, incluso siendo éste diseñado de acuerdo con los debidos principios higiénicos, el mismo puede acumular microorganismos y otros contaminante a partir del aire, de los operarios y materiales en el curso de la producción (MacSwane, 2001).

2.2. LA SUCIEDAD

Según Marriott (1999) el sucio se define generalmente como materiales no deseados en superficies. Este está compuesto de polvo, restos de alimentos, minerales del agua y residuos de detergentes que contribuyen a su formación así como las bio-películas de microorganismos.

De acuerdo a Wildbrett (2000) el sucio puede definirse también como los residuos que persisten en la maquinaria, utensilios y depósitos en la preparación de alimentos. Cabe destacar que la suciedad que persiste después de la limpieza, se compone de microorganismos todavía presentes y de residuos del detergente adheridos a la superficie.

De acuerdo a Schmidt (1997) la suciedad debe ser clasificada dependiendo de su solubilidad como un primer paso para la selección del detergente adecuado para el trabajo, clasificándose en:

- Solubles en agua (azúcares, algunos almidones y la mayoría de las sales)
- Solubles en ácidos (la mayoría de los depósitos minerales)
- Solubles en álcalis (proteína, emulsiones de grasa)
- Solubles en agua, ácidos y álcalis

2.3. SANITIZACIÓN

2.3.1. La sanitización

De acuerdo a Marriott (1999) es crear y mantener condiciones higiénicas durante el proceso de manufactura de los alimentos para prevenir el crecimiento de microorganismos causantes de enfermedades. Implica aquellas prácticas que llevan a la reducción de los microorganismos a un nivel seguro desde el punto de vista de salud pública. La primera etapa en la aplicación práctica de un programa de sanitización es la de proveer una superficie limpia. Esto reduce a cierto grado el número de microorganismos presentes, elimina su alimento y partículas visibles. Los microorganismos sobrevivientes quedarán sin alimento, desprotegidos y altamente susceptibles a un paso final de sanitización.

2.3.2. Limpieza

Limpieza es el proceso que removerá el sucio y prevendrá la acumulación de residuos de alimentos que pueden descomponerse o favorecer al crecimiento de organismos dañinos y la producción de toxinas (McSwane, 2001). La limpieza incrementa la vida del equipo, aumenta la moral de los empleados y su eficiencia y es además importante desde un punto de vista estético (Otmer, 1961).

Según Mittal (1979) una superficie puede decirse que está limpia si cumple los dos requisitos siguientes:

1. No debe perjudicar los procesos subsiguientes.
2. Debe garantizar la futura integridad del producto que haga contacto con la superficie.

La limpieza es efectiva en remover algunas bacterias del alimento y productos de desecho, sin embargo, no es adecuada en reducir la población bacteriana hasta un nivel aceptable. Este hecho fue establecido hace muchos años en hospitales, lecherías, plantas embotelladoras, enlatadoras y otras industrias procesadoras de alimentos (Otmer, 1961).

El fin de la limpieza es separar sustancias indeseables, sobre todo residuos de productos, de las superficies que contacten con alimentos. De acuerdo a Wildbrett (2000), la limpieza sirve además para preservar la calidad, impidiendo deterioro de las instalaciones y utensilios por residuos de suciedad corrosiva. Con su realización, la limpieza es también la premisa necesaria para hacer lo más eficaz posible una sanitización subsiguiente, es decir, poder llevar a cabo esta última sin las variaciones que ocasionan restos de suciedad.

2.3.3. Sanitizar

Según Marriot (1999) sanitizar no es solamente limpiar sino que implica tanto el equipo como los alimentos procesados no presenten niveles de microorganismos que se consideren inseguros para la salud pública. Sanitizar implica la aplicación de principios físico-químicos y microbiológicos a los alimentos, equipo, entorno de la planta y el personal involucrado.

El proceso de sanitización se ve afectado por diversas variables como ser concentración, temperatura, tiempo de contacto, pH y composición química del sanitizante, además de la carga microbiológica inicial, rugosidad de la superficie a tratar y el tipo de microorganismo a tratar.

2.4. AGENTES QUÍMICOS DE LIMPIEZA Y SANITIZACIÓN

2.4.1. Agentes limpiadores

Según MacSwane (2001), los agentes químicos para una limpieza adecuada en equipos de las plantas de alimentos generalmente son mezclas complejas de químicos combinadas para el logro de un propósito específico. Antes de considerar las características básicas de los compuestos de limpieza es necesario considerar el fenómeno fundamental involucrado en el proceso de limpieza.

En este aspecto es útil considerar la limpieza en términos de cuatro (4) etapas:

- 1-Llevar la solución de limpieza a un íntimo contacto con el sucio a ser removido gracias a buenas propiedades de humectación y penetración con la utilización de surfactantes.
- 2-Desplazamiento de los sólidos y líquidos de las superficies a ser limpiadas por saponificación de grasas, peptización de proteínas y disolución de minerales.
- 3-Dispersión del sucio en la solución por defloculación o emulsificación.
- 4-Prevenir el redepósito del sucio disperso en las superficies ya limpias por medio de buenas propiedades de enjuague.

Entre los productos químicos más utilizados como componentes básicos para la elaboración de limpiadores se encuentran los que se indican a continuación en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Productos químicos utilizados para elaboración de limpiadores

Tipo de Compuesto	Principales Funciones
Álcalis	Desplazamiento del sucio, emulsificación, saponificación y peptización.
Fosfatos complejos	Desplazamiento del sucio por emulsificación y peptización, dispersión del sucio, ablandamiento del agua y prevención de los depósitos del sucio.
Surfactantes	Humectación y penetración al sucio, dispersión de sucios y prevención de redeposición.
Secuestradores	Ablandamiento del agua, control de depósitos minerales, desplazamiento del sucio por peptización, prevención de redepositos.
Ácidos	Control de depósitos minerales, ablandamiento del agua.

Adaptado de (Smith, 1997)

2.4.2. Agentes sanitizantes

La superficie que queda en el equipo procesador de alimentos después de trabajar con él generalmente esta contaminada con microorganismos que se alimentan de los nutrientes presentes en los depósitos de suciedad. De esta forma, la suciedad constituye un medio para la proliferación microbiana. Un medio ambiente en buenas condiciones sanitarias se consigue eliminando a fondo la suciedad depositada y aplicando a continuación un sanitizante que destruya los gérmenes residuales.

Según Schmidt (1997) el sanitizante químico ideal debería reunir las siguientes características:

1. Ser aprobado por el ente regulador propio de cada país para su aplicación en superficies en contacto con alimentos.
2. Contar con un amplio rango de acción antimicrobiana.
3. Destrucción rápida de microorganismos.
4. Tolerante a un amplio rango de de condiciones ambientales.
5. Ser altamente soluble.
6. Bajo en toxicidad y corrosividad.
7. De bajo precio.

Los productos químicos más utilizados como agentes sanitizantes y las principales áreas de aplicación de los mismos se presenta a continuación en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Agentes químicos sanitizantes y su área de aplicación

Sanitizador	Aplicaciones
Cloro	Superficies en contacto con alimentos, “Clean in place”, nebulizaciones.
Yodo	Superficies en contacto con alimentos, inmersión de manos
Acido Peracético	Superficies en contacto con alimentos, “Clean in place”, especial para temperaturas bajas.
Ácidos aniónicos	Superficies en contacto con alimentos, atomizado.
Cuaternarios	Superficies en contacto con alimentos, sanitización de ambientes, paredes, drenajes, cerámica.

Adaptado de Schmidt (1997)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

El muestreo de este estudio, al igual que los análisis microbiológicos se llevaron a cabo en la Planta de Industrias Lácteas de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en el Valle del Yeguaré, San Antonio de Oriente, Km. 30 carretera a Danlí.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Materiales utilizados.

- Materiales para la preparación del medio de cultivo
 - Agua destilada
 - Medio de cultivo del método estándar de cultivo bacteriano (PCA, por sus siglas en inglés), Difco, USA.
 - Medio de cultivo agar rojo violeta con bilis (VRBA, por sus siglas en inglés), Difco, USA.
 - Papel aluminio
- Materiales para la preparación del agua de dilución
 - Agua destilada
 - Peptona, Difco, USA.
 - Papel aluminio
- Materiales para el muestreo de superficies
 - Hisopos de algodón estériles
 - Agua de dilución
- Materiales para limpieza y sanitización
 - Deteralc[®] (Detergente alcalino) QUIMSA, HON.
 - Detelac[®] Líquido (Detergente alcalino clorinado) QUIMSA, HON.
 - Iodosan[®] (Sanitizante a base de yodo) QUIMSA, HON.
 - Peroxy[®] (Sanitizante a base de ácido peracético) QUIMSA, HON.
 - Detersan[®] (Detergente sanitizante a base de cloro orgánico) QUIMSA, HON.

3.2.2. Equipo.

➤ Equipos para la preparación del medio de cultivo

- Estufa, Fisher Scientific 009N0007
- Balanza, OHAUS 700
- Beaker de 500 ml
- Frascos estériles de 100 ml.
- Autoclave, Market Forge, Sterilmatic

➤ Equipos para la preparación del agua de dilución

- Estufa, Fisher Scientific 009N0007
- Balanza, OHAUS 700
- Beaker de 500 ml
- Tubos de ensayo con rosca de 10 ml.
- Autoclave, Market Forge, Sterilmatic

➤ Equipo para el muestreo de superficies

- Pipetas de 0.1, 1.0 y 10.0 ml
- Tubos de ensayo con rosca de 10 ml.
- Placas Petri estériles
- Marcos de 25 cm² de área interna

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Toma de muestras

Para la realización de los análisis microbiológicos, se tomaron muestras por medio del método del hisopado o “swab” en dos zonas predeterminadas de las tinas para queso. La parte central de la tina (25 cm²) y la esquina próxima a la válvula de salida (25 cm²), las muestras se tomaron al azar durante 4 días a la semana.

3.3.2. Método de hisopado

Se realizaron hisopados antes de la limpieza, después de aplicado el detergente y después de aplicar el sanitizante.

- Para la toma de muestras se utilizó un marco estéril de 25 cm², y se colocó sobre la zona a muestrear.
- En la primera zona se frotó el hisopo húmedo con agua de dilución sobre el área expuesta de 25 cm² realizando movimientos sobre la superficie de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo.
- Se procedió al enjuague del hisopo en un tubo con 10 ml de agua de dilución y posteriormente se realizó el mismo procedimiento en la segunda zona a muestrear.
- Luego de realizados la toma de muestra en las dos zonas, se agitó el hisopo vigorosamente unas 25 veces para homogenizar la muestra y se procedió a realizar las diluciones de 10⁻¹, 10⁻² y 10⁻³ para la posterior siembra.

3.3.3. Detergentes y sanitizantes

Se utilizaron 2 detergentes, 2 sanitizantes y un detergente–sanitizante proporcionados por la empresa Químicos Industriales S. A. de C. V. (QUIMSA), cada detergente fue combinado con cada sanitizante (Cuadro 3). La descripción y dosificación de los mismos se puede apreciar a continuación:

Cuadro 3. Descripción de tratamientos de detergentes y sanitizantes

Tratamientos	Detergente	Sanitizante
1	Detersan	Detersan
2	Deteralc	Iodosan
3	Deteralc	Peroxy
4	Detelac	Iodosan
5	Detelac	Peroxy

-Deteralc: Detergente alcalino con propiedades secuestrantes y de inhibición de redeposición, no produce espuma y es efectivo en tiempos de contacto bajos.

Dosis: 0.5% - 1.5% en agua.

- Detelac: Detergente alcalino, clorinado, no produce espuma y es efectivo en tiempos de contacto bajos.

Dosis: 1% - 1.5% en agua.

- Iodosan: Sanitizante a base de yodo y agentes inhibidores de corrosión, fácilmente soluble en agua y de acción sanitizante rápida

Dosis: 0.1% - 0.5% en agua.

- Peroxy: Sanitizante a base de ácido peracético, peróxido de hidrógeno y ácido acético, no produce espuma y puede ser utilizado en frío.

Dosis: 1.3 ml – 2.5 ml / litro.

- Detersan: Detergente sanitizador que contiene fosfatos, silicatos, y cloro orgánico. No produce espuma, y no es corrosivo contra el acero, estaño, aluminio, hule o plásticos.
Dosis: 0.3% - 0.6 % en agua.

Se utilizó la dosis mínima propuesta por el fabricante para cada uno de los detergentes y sanitizantes evaluados.

3.3.4. Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos que se realizaron fueron recuento de mesófilos aerobios y recuento de coliformes totales. Para los dos tipos de análisis se utilizó la técnica “Spread plate” o distribución en superficie de la placa. Cada análisis de cada muestra se hizo por duplicado.

3.3.5. Recuento de mesófilos aerobios

Se realizaron diluciones consecutivas en 9 ml de agua peptonada al 0.1% hasta 10^{-3} , luego se inoculó 1.0 ml de cada dilución en placas estériles por duplicado con medio PCA (medio de cultivo del método estándar de computo bacteriano), procediendo luego a distribuir la muestra con el asa Drigalski. Las placas se incubaron a temperatura de 35°C y a las 48 se realizó el conteo de colonias.

3.3.6. Recuento de coliformes totales

Se realizaron diluciones consecutivas en 9 ml de agua peptonada hasta 10^{-1} , luego se inoculó 1.0 ml de cada dilución en placas estériles por duplicado con medio VRBA (Agar Rojo Violeta de Bilis), procediendo luego a distribuir la muestra con el asa Drigalski. Las placas se incubaron a una temperatura de 35°C y a las 24 horas se realizó el conteo de colonias.

3.4. DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un diseño DCA evaluándose 2 detergentes, 2 sanitizantes y 1 detergente–sanitizante, combinando cada detergente con cada sanitizante, obteniéndose así 5 tratamientos (Cuadro 3). La reducción microbiológica producto de la aplicación de los tratamientos se analizó en el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) versión 8.0. Se llevó a cabo una separación de medias a través de la prueba Tukey para la evaluación de los distintos tratamientos.

4.2. MESÓFILOS AEROBIOS

En el recuento de mesófilos aerobios se encontraron bajos conteos iniciales antes de la aplicación de los detergentes y sanitizantes (Cuadro 5), por lo que luego de aplicar el detergente se registraron cómputos bacterianos <10 UFC/50 cm^2 en la mayoría de las muestras. Después de la aplicación del sanitizante en todas las muestras se registraron conteos de <10 UFC/50 cm^2 . Estos bajos conteos iniciales pueden atribuirse al uso de acero inoxidable como material del que están fabricadas las tinas y a las adecuadas condiciones de limpieza en las que se encuentra la planta.

Cuadro 5. Conteo de mesófilos aerobios (UFC/50 cm^2)

Tratamiento	Antes de limpieza			Después de detergente			Después de sanitizante		
1	30	100	<10	-	-	-	<10	<10	<10
1	20	<10	<10	-	-	-	<10	<10	<10
1	20	<10	<10	-	-	-	<10	<10	<10
2	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2	20	100	<10	100	<10	<10	<10	<10	<10
2	20	<10	<10	100	<10	<10	<10	<10	<10
3	30	100	<10	100	<10	<10	<10	<10	<10
3	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4	10	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4	10	100	<10	100	<10	<10	<10	<10	<10
4	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5	10	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Al momento del análisis estadístico se reportó la reducción microbiológica (diferencial entre antes de la aplicación de los detergentes y después de la aplicación de los sanitizantes), en forma de logaritmo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Reducción microbiológica expresada como Log₁₀

Log₁₀ UFC/50 cm²
1.48
1.30
1.30
1.30
1.30
1.30
1.30
1.48
1.00
1.30
1.00
1.00
1.00
1.30
1.30
1.00

Al evaluar estadísticamente los tratamientos estos resultaron iguales, ya que al haber conteos iniciales tan bajos, y que luego de la aplicación del sanitizante todos los conteos resultaron <10 UFC/ 50 cm² no se logro establecer diferencias significativas entre los mismos.

Cuadro 7. Separación de medias de los tratamientos evaluados*

Trt	N	Media	Tukey
trt1	3	1.36	A
trt2	3	1.30	A
trt3	3	1.26	A
trt5	3	1.20	A
trt4	3	1.00	A

* Medias en cada columna con letras iguales no fueron diferentes estadísticamente (P ≥ 0.05)

La media general en cuanto a anaerobios totales en las tinas de quesos resulto de 1.2241 (Cuadro 7) lo cual nos indica que de forma general todos los conteos reportados como Log fueron sumamente bajos, además que no hubo mucha variación en cuanto a los UFC/50 cm² en los distintos días en que se realizaron las pruebas ya que la desviación estándar fue de 0.140 (Cuadro 7).

Cuadro 8. Media general y desviación estándar

R cuadrado	Coefficiente de variación	Desviación estándar	Media de UFC
0.54	11.48	0.14	1.22

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, el Detersan[®] (tratamiento 1) es el mejor tratamiento ya que es estadísticamente similar a los otros tratamientos evaluados, pero basándose en costos y en las dosificaciones recomendadas por el fabricante es el tratamiento de menor precio por dosis (Cuadro 8, 9,10).

Cuadro 9. Precio de venta detergentes y sanitizantes

Producto	Precio (\$)	Embalaje	Unidad	Precio por unidad	Precio por ml \$	Precio por ml en Lps.
Detersan	78.63	25	Kg	3.145	0.0031	0.0598
Deteralc	361.00	208	L	1.736	0.0017	0.0330
Detelac	228.57	208	L	1.099	0.0011	0.0209
Iodosan	514.30	208	L	2.473	0.0025	0.0470
Peroxy	458.20	189	L	2.424	0.0024	0.0461
Vartel	600.00	150	Kg	4.000	0.0040	0.0760

Cuadro 10. Precio y costo por dosis

Producto	Dosis (%)	Para 20 litros (ml)	Precio por ml en Lps.	Costo por dosis en Lps.
Detersan	0.30	60	0.060	3.588
Deteralc	0.50	100	0.033	3.300
Detelac	1.00	200	0.021	4.180
Iodosan	0.10	20	0.047	0.940
Peroxy	0.13	26	0.046	1.199

Cuadro 11. Precio de los tratamientos (detergente + sanitizante) por dosis

Tratamientos	Detergente	Sanitizante	Costo dosis detergente	Costo dosis sanitizante	Costo por dosis del trt. en Lps.
1	Detersan	Detersan	3.588	-	3.588
2	Deteralc	Iodosan	3.300	0.940	4.240
3	Deteralc	Peroxy	3.300	1.199	4.499
4	Detelac	Iodosan	4.180	0.940	5.120
5	Detelac	Peroxy	4.180	1.199	5.379

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**Compendio de agentes químicos de limpieza
y sanitización**

HONDURAS
2005

CONTENIDO

1.	SANITIZACIÓN EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.....	18
1.1	Importancia de la sanitización	18
1.2	Regulaciones	19
1.3	Contaminación de los alimentos	19
2.	LIMPIEZA	20
2.1	Introducción	20
2.2	Definición de términos.....	20
2.3	La suciedad	20
2.3.1	Clasificación del sucio	21
2.4	Fundamentos de limpieza	22
2.4.1	Definición de las funciones realizadas por el agente de limpieza	22
2.5	Aplicación de los detergentes	24
2.5.1	Selección del detergente	24
2.6	Tipos de limpiadores.....	25
2.6.1	Limpiadores alcalinos	25
2.6.2	Limpiadores ácidos	27
2.7	Factores que afectan la eficiencia de la limpieza.....	28
2.8	El ciclo de la limpieza.....	28
3.	SANITIZACIÓN	30
3.1	Definición de términos.....	30
3.2	Tipos de sanitizadores.....	30
3.3	Factores que afectan la efectividad germicida de los sanitizadores.....	34

1. SANITIZACIÓN EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Sanitizar es crear y mantener condiciones higiénicas durante el proceso de manufactura de los alimentos para prevenir el crecimiento de microorganismos causantes de enfermedades. Implica que tanto el equipo como los alimentos procesados no presenten niveles de microorganismos que se consideren inseguros para la salud pública. Igualmente, comprende la aplicación de principios fisico-químicos y microbiológicos a los alimentos, equipo, entorno de la planta y el personal involucrado (Marriott 1999).

1.1 IMPORTANCIA DE LA SANITIZACIÓN

Aunque una planta procesadora de alimentos esté higiénicamente diseñada, si no existen métodos sanitarios de manufactura, los alimentos pueden ser contaminados por microorganismos. Si un equipo es mantenido limpio e higiénico es posible producir alimentos inocuos. Para lograr esto es necesario tener un claro concepto de los beneficios de una buena práctica de limpieza y sanitización. De acuerdo a Harper y Espillan (1999) es necesario sanitizar para:

- Mejorar y mantener la calidad de los alimentos producidos y evitar que los mismos se deterioren en cuanto a sus propiedades organolépticas.
- No afectar a los negocios en sus ventas, bajar la moral de los empleados y reducir la confianza del consumidor.
- Cumplir las regulaciones en cuanto a higiene y calidad de los alimentos y regulaciones internacionales de exportación.
- Prevenir una masiva contaminación por alimentos pobremente manufacturados por falta de higiene.
- Bajar costos de mantenimiento y de energía. Equipos no limpios implican adherencias en sus paredes de “sucio” y de microorganismos que conllevan grandes gastos en desarmar, limpiar y volver a armar cuando no operan eficientemente. Implican incrementos del calor necesario cuando las paredes se encuentran cubiertas por capas que no solo restringen el flujo sino que incrementan el coeficiente de transferencia de calor.

1.2 REGULACIONES

Además de los permisos de operación y licencia ambiental otorgadas por las municipalidades, las plantas procesadoras de alimentos están reguladas por la secretaría de salud pública que extiende un registro para cada producto producido. La secretaría de agricultura y ganadería por medio del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria (SENASA) regula todos los productos utilizados en la manufactura de los alimentos.

Los Estados Unidos han sido líderes en el establecimiento de normas que rigen el uso de materiales, procesos, productos y sanidad de plantas con el objeto de lograr alimentos procesados sanos y saludables. La Administración de Alimentos y Drogas (FDA por sus siglas en inglés) regulan los procesos, manufactura y ventas de alimentos que deben cumplir con los requisitos impuestos. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) por medio del Servicio de Mercadeo Agrícola (AMS) desarrolla estándares de calidad o grados de alimentos. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) fue creada para prevenir, controlar y reducir la contaminación del aire, tierra y agua; regula el uso de sustancias tóxicas como pesticidas y químicos y establece tolerancias bajo el Acta Federal de Alimentos, Drogas y Cosméticos (FFDCA).

1.3 CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

No es necesario un gran número de patógenos para causar infecciones, unos pocos de ellos en las condiciones adecuadas pueden causar grandes problemas. La manera como los factores y sucesos pueden ser atados para causar enfermedades es lo que se llama *la cadena de infección*. Una cadena de infección consta de cuatro eslabones: un agente, una fuente, un modo de transmisión y un hospedero. El agente es el patógeno que causa la enfermedad. La fuente es de donde proviene el patógeno que puede ser el origen del alimento, los utensilios utilizados, la higiene del transporte, la higiene personal o puede estar en el equipo o el entorno de la planta. El modo de transmisión es la manera como se trasladó ese agente desde la fuente al hospedero. La misma planta con una mala sanitización puede ser la fuente y origen de la transmisión. Finalmente el hospedero es el alimento que soportará el crecimiento del patógeno (McSwane, 2001).

2. LIMPIEZA

2.1 INTRODUCCIÓN

La efectiva limpieza del equipo en la industria procesadora de alimentos reduce las oportunidades de contaminación del alimento durante la preparación, proceso, almacenamiento y consumo. La primera etapa en la aplicación práctica de un programa de sanitización es la de proveer una superficie limpia. Esto reduce a cierto grado el número de microorganismos presentes y elimina una necesidad esencial para la vida, su alimento. Los microorganismos sobrevivientes quedarán sin alimento, desprotegidos y altamente susceptibles a un tratamiento final de sanitización. La limpieza además incrementa la vida del equipo, aumenta la moral de los empleados y su eficiencia y es además importante desde un punto de vista estético.

2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

1. **Limpieza-** Un proceso que removerá el sucio y prevendrá la acumulación de residuos de alimentos.
2. **Desinfección-** Se refiere al proceso de remover organismos patógenos potenciales de un objeto o del ambiente.
3. **Agua-** El principal ingrediente de todos los procesos de limpieza en procesadoras de alimentos. Los requerimientos básicos comunes a todas las operaciones de proceso de alimentos es que ésta debe estar libre de organismos patógenos, iones de metales tóxicos y de olores o sabores objetables.
4. **Dureza del Agua-** Cantidad de sales tales como cloruro cálcico, cloruro magnésico, sulfatos y bicarbonatos presentes en el agua.

2.3 LA SUCIEDAD

Según Marriott (1999) el sucio se define generalmente como materiales no deseados en superficies. El sucio está compuesto de polvo, restos de alimentos, minerales del agua, residuos de detergentes que contribuyen a su formación y las bio-películas de microorganismos. Los sucios pueden variar ampliamente en su composición, ya que factores como el calor, humedad y la edad del sucio, pueden modificar sus propiedades

2.3.1 Clasificación del Sucio

De acuerdo a Schmidt (1997) los sucios deben ser clasificados dependiendo de su solubilidad como un primer paso para la selección del detergente adecuado. Estos se pueden clasificar en:

- Solubles en agua (Ej. azúcares, algunos almidones y la mayoría de las sales)
- Solubles en ácidos (Ej. la mayoría de los depósitos minerales)
- Solubles en álcalis (Ej. proteína y las emulsiones de grasa)

Los componentes más comunes en los alimentos y su característica desde el punto de vista de residuos se amplía en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tipos de sucio y algunas de sus características

Tipo de Sucio	Solubilidad	Facilidad de Remoción	Cambios inducidos por el calor
Azúcares	Soluble en Agua	Fácil	Caramelización, mayor dificultad en remoción
Grasas	Insolubles en Agua, solubles en álcalis	Difícil	Polimerización, aumenta dificultad de remoción
Proteína	Insoluble en agua, soluble en álcalis y ácidos	Muy difícil	Desnaturalización, la hace mucho más difícil de remover.
Sales monovalentes	Solubles en agua y en ácidos	Fácil	-
Sales polivalentes	Insolubles en agua, solubles en ácidos	Difícil	Interacción con otros materiales haciéndolos más difíciles de remover

Schmidt (1997)

Bio Películas o Placa Bacterial (bio-films)

Bio-películas son colonias de bacterias íntimamente asociadas con una superficie inerte a la que se encuentran adheridas por una matriz compleja de polisacáridos, en los que otros desperdicios incluyendo nutrientes y microorganismos pueden estar atrapados. Una bio-película se construye sobre si misma agregando capas del material polisacárido habitado por microorganismos como *Salmonella*, *Listeria*, *Pseudomonas* y otros específicos del entorno (Ottmer, 1961).

Aunque una superficie sea sanitizada una bio-película firmemente establecida tiene capas de organismos que le ayuda a protegerse del sanitizador. La acumulación de capas es responsable de que en el movimiento de alimentos o líquidos se puedan arrancar algunas capas que pueden ser transferidas al alimento y ser éste subsecuentemente contaminado.

De acuerdo a McSwane (2001) esas películas son sumamente difíciles de removerse durante la operación de limpieza y no son fácilmente penetradas por soluciones acuosas normales de sanitizadores. Pueden requerirse dosis desde 10 hasta 100 veces más concentrada que la dosis normal de un sanitizador y tiempos de tratamiento largos para lograr su inactivación.

2.4 FUNDAMENTOS DE LIMPIEZA

Los componentes de los compuestos para la limpieza modifican la naturaleza del agua para que ésta pueda penetrar eficientemente, separar y arrastrar contaminantes en la superficie (sucio). Aunque se adiciona energía en el sistema (generalmente en la forma de calor y fuerza aplicada) los compuestos limpiadores reducen los requerimientos de energía aumentando la energía interna potencial del agua.

Según MacSwane (2001), los agentes químicos para una limpieza adecuada en equipos de las plantas de alimentos generalmente son mezclas complejas de químicos combinados para lograr un propósito específico. Antes de considerar las características básicas de los compuestos de limpieza es necesario considerar el fenómeno fundamental involucrado en el proceso de limpieza.

En este aspecto es útil considerar la limpieza en términos de cuatro (4) etapas:

1. Llevar la solución de limpieza a un íntimo contacto con el sucio a ser removido gracias a buenas propiedades de humectación y penetración con la utilización de surfactantes.
2. Desplazamiento de los sólidos y líquidos de las superficies a ser limpiadas por saponificación de grasas, peptización de proteínas y disolución de minerales.
3. Dispersión del sucio en la solución por defloculación o emulsificación.
4. Prevenir el redepósito del sucio disperso en las superficies ya limpias por medio de buenas propiedades de enjuague.

2.4.1 Definición de las Funciones Realizadas por el Agente de Limpieza

Según Ottmer (1961) los componentes de los compuestos para limpieza deben ser combinados de tal manera que cumplan las siguientes funciones:

Defloculación o Dispersión:

La acción por la cual grupos de partículas son separados en partículas individuales y suspendidas en la solución.

Disolución:

La reacción que produce materiales solubles a partir de sucios insolubles en agua.

Emulsificación:

El proceso por el cual las grasas son fraccionadas en pequeños glóbulos que son mantenidos en suspensión en la solución limpiadora.

Penetración:

La acción de líquidos que entran en materiales porosos a través de fisuras, agujeros, poros o pequeños canales.

Peptización:

Proceso que por la acción de productos alcalinos actuando sobre suciedades proteicas, supone la formación de una solución coloidal a partir de un material parcialmente soluble.

Saponificación:

La acción de un álcali en las grasas resultando la formación de un jabón.

Suspensión:

La acción por la cual partículas insolubles se mantienen en la solución sin permitirles depositarse en los utensilios.

Quelatación

Lo mismo que la secuestración pero cuando se utilizan compuestos orgánicos.

Humectación

Acción del agua en contacto con el sucio, ayuda a reducir la tensión superficial.

Secuestración

La acción de compuestos inorgánicos que se unen a las partículas responsables de la dureza y las inactivan de modo que éstas no puedan combinarse con otros materiales y precipitarse.

Los químicos utilizados como limpiadores deben de contar con estas características, aunque en la mayoría de los casos los agentes limpiadores varían en cuanto a su eficiencia para cumplir con éstas, por lo cual las funciones que pueden realizar cada uno éstos difieren entre sí. En el cuadro 2 se muestran algunos de los químicos más utilizados como limpiadores y las principales funciones que realizan.

Cuadro 2. Químicos utilizados para elaboración de limpiadores.

Tipo de Compuesto	Principales Funciones
Alcalis	Desplazamiento del sucio, emulsificación, saponificación y peptización.
Fosfatos complejos	Desplazamiento del sucio por emulsificación y peptización, dispersión del sucio, ablandamiento del agua y prevención de los depósitos del sucio.
Surfactantes	Humectación y penetración del sucio, dispersión de sucios y prevención de redeposición.
Secuestradores	Ablandamiento del agua, control de depósitos minerales, desplazamiento del sucio por peptización, prevención de redepositos.
Ácidos	Control de depósitos minerales, ablandamiento del agua.

Adaptado de (Smith, 1997)

La efectividad de los limpiadores en cuanto a las propiedades que deben de cumplir esta determinada por la composición química de los mismos por lo que hay limpiadores que cumplen con mayor o menor eficiencia estas funciones, tal como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Efectividad relativa de limpiadores en cuanto a funciones.

Propiedad	Álcalis Fuertes	Álcalis Suaves	Poli Fosfatos	Ácidos Suaves	Ácidos Fuertes
Quelatación	1	1	4	1	1
Saponificación	4	3	3	3	3
Humectación	1	2	1	1	1
Peptización	4	3	1	2	3
Emulsificación	1	2	2	1	1
Dispersión	2	3	1	3	1
Enjuague	3	3	2	1	1
Corrosión	4	2	1	2	4

4= alta 3=media 2= bajo 1= nulo

Harper y Spillan (1999)

2.5 APLICACIÓN DE LOS DETERGENTES

Para lograr una situación de limpieza consistente en la operación y proceso de alimentos es necesario considerar lo siguiente:

1. Selección del detergente para el trabajo requerido
2. Determinar la concentración requerida para lograr económicamente la limpieza deseada
3. Selección de los factores de energía externa que faciliten la limpieza
4. Método de aplicación del detergente

2.5.1 Selección del detergente

Según Wildbrett (2000) la selección del detergente depende de un grupo de factores interrelacionados que incluyen:

- El tipo y cantidad de sucio presente
- La naturaleza de la superficie
- La naturaleza física del detergente (Líquido o Polvo)
- El método de que dispone para la limpieza
- La calidad del agua disponible
- El costo

Como se discutió anteriormente la composición del detergente y la concentración requerida dependerán de la naturaleza y cantidad de sucio en las superficies. En algunos casos la cantidad de sucio puede ser controlada con una limpieza del equipo más frecuente.

La naturaleza física del detergente (sólido o líquido) tiene influencia sobre la operación de limpieza y puede tener efecto en el costo. Materiales líquidos son frecuentemente más peligrosos en su manejo, sin embargo, se prestan para obtener una concentración más uniforme, controlada con dosificadores automáticos. Los detergentes en polvo tienden a ser sobre dosificados por lo que donde sea factible el prepesado de cantidades estándar puede incrementar la eficiencia de la limpieza y reducir desperdicio.

Donde la limpieza es hecha a mano es evidente que no pueden utilizarse ácidos o álcalis fuertes, ya que estos son irritantes para la piel. Por consiguiente la concentración del detergente es generalmente reducida y más énfasis es puesto en la energía externa. En general, resultados superiores pueden ser logrados con el uso de limpieza por circulación, la cual consiste en el uso de bombas, dosificadores y tuberías para llevar los agentes de limpieza a través de los equipos. En las técnicas de circulación, concentraciones óptimas de los detergentes pueden ser más fácilmente utilizadas.

2.6 TIPOS DE LIMPIADORES

2.6.1 Limpiadores alcalinos

Según Mittal (1979) los limpiadores alcalinos generalmente comprenden los álcalis básicos, los polifosfatos y agentes humectantes. Ninguno de los álcalis, polifosfatos o agentes humectantes pueden por sí solos reunir los requerimientos de un buen limpiador cuando se utilizan solos. Mezclas de esos químicos pueden ser hechas para que reúnan las propiedades de un producto.

Álcalis básicos

Los álcalis básicos, tales como ceniza de soda, soda cáustica, fosfato trisódico y metasilicato de sodio hacen el grueso de un limpiador. Dos o más se utilizan en combinación como regla para dar ciertas propiedades al producto mezclado. Aparte de proveer alcalinidad para el proceso de limpieza tienen ciertas propiedades que afectan el proceso.

Soda cáustica

Tiene una alta acción germicida y acción disolvente de proteínas de la leche, pero carece de poder de defloculación y emulsificación. No puede ser utilizada en labores manuales porque quema la piel y entre los álcalis básicos es el más corrosivo de los metales.

Ceniza de soda

Es el compuesto más utilizado en detergentes para lecherías. Es pobre para ablandar agua y moderado como agente defloculante y emulsificador. Si se utiliza en aguas duras el carbonato de calcio contenido en ellas se precipita causando manchas de piedra de leche. Para prevenir esto los productos que contienen ceniza de soda deben de contener fosfatos para secuestrarlos.

Fosfato trisódico

Además de su gran solubilidad posee alto poder defloculante y emulsionante. Es relativamente corrosivo del estaño salvo que se encuentre presente metasilicato de sodio. Su concentración está limitada a 0.5-1.0% para minimizar altos contenidos de fosfatos en el agua.

Metasilicato de sodio

Tiene una alta alcalinidad activa y excelentes propiedades defloculantes y emulsificantes. Es relativamente no corrosivo y posee la propiedad de proteger metales de la corrosión de otros álcalis. Es muy efectivo en mantener sólidos en suspensión durante el lavado.

Los fosfatos complejos

Los fosfatos complejos son excelente compuestos de limpieza y son considerados los primeros en cuanto a ablandamiento de agua, sin embargo las regulaciones que limitan los niveles de fosfatos en las aguas residuales limitan su uso a niveles de 0.5 a 1.0%. Además de sus propiedades de acondicionadores del agua, los fosfatos complejos son invaluable con respecto a emulsificación, dispersión, peptización de proteína y la prevención de redeposición de sucio.

Pirofosfatos

El más usado de los fosfatos. Tiene baja capacidad secuestrante de calcio en comparación a los otros fosfatos sin embargo es más estable bajo altas temperaturas. Su disolución es lenta comparada con álcalis comunes.

Tripolifosfato y tetrafosfato

Son definitivamente superiores al pirofosfato en su poder secuestrante de calcio que es el endurecedor de agua más común. Son solubles en agua tibia. Inestables en soluciones calientes.

Hexametafosfato

Es el secuestrante de calcio más efectivo cuando se considera la dureza de calcio solamente. No posee capacidad secuestrante de calcio en presencia de magnesio. Es inestable a altas temperaturas y condiciones alcalinas.

Los distintos fosfatos mencionados anteriormente actúan en menor o mayor grado como secuestrantes de calcio y magnesio los cuales son los responsables de la dureza del agua. La capacidad de cada uno de estos se puede visualizar en el cuadro 4.

Cuadro 4. Propiedades de algunos fosfatos como secuestrantes de calcio y magnesio

Nombre Químico	Fórmula	Calcio	Magnesio
Pirofosfato tetrasódico	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	Pobre	Muy Pobre
Tripolifosfato de sodio	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	Buena	Buena
Tetrafosfato de sodio	$\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$	Buena	Buena
Hexametafosfato de sodio	$(\text{NaPO}_3)_6$	Excelente	Pobre

Smith (1997)

2.6.2 Limpiadores ácidos

Los limpiadores ácidos encuentran un gran uso en la remoción de piedra de leche y como parte del proceso de limpieza de equipo de intercambio de calor a altas temperaturas. Tales equipos como pasteurizadores de plato y calentadores tubulares se limpian actualmente por procedimiento de dos fases por circulación usando limpiadores ácidos como una fase. Una amplia gama de limpiadores ácidos se encuentra en el mercado. Son mezclas de ácidos orgánicos, inorgánicos o sales ácidas conteniendo usualmente un humectante. Para que sea efectivo un limpiador ácido debe producir un pH 2.5 o menor en la solución final y debe ser efectivo tanto en aguas blandas como duras (Wildbrett, 2000).

Los limpiadores ácidos varían en sus características con respecto a los alcalinos debido a su distinta composición química, lo cual los hace diferentes en cuanto a su campo de acción. Estas características pueden visualizarse en el cuadro 5.

Cuadro 5. Características de los ácidos orgánicos e inorgánicos.

Inorgánicos (Mineral)	Orgánicos
Fuertes	Suaves, estables, menos corrosivos
Corrosivos, dañinos a los metales	Seguros, no irritantes en soluciones de uso
Bajo ciertas condiciones algunos precipitan sales insolubles	Pueden ser combinados con humectantes y por consiguiente mejor penetración
Irritantes a la piel	Las reacciones ácidas tienden a prevenir y remover depósitos de sales de calcio y magnesio derivadas de la leche o el agua.
En concentraciones altas son peligrosos de manejar	Ejemplos: Acético, Láctico, Hidroxiacético, cítrico, Levulínico, Tartárico.
Dañinos en la ropa	
Bajo pH por su alto grado de ionización	
Ejemplos: Muriático, Sulfúrico, Nítrico, Fosfórico	

Schmidt (1997)

Además de lo ácidos antes mencionados existen ácidos con propiedades de ácidos inorgánicos y orgánicos. Esta clase de ácidos son en general los ácidos fosfóricos orgánicos. Ellos combinan las ventajas de los polifosfatos, agentes quelatizantes y de los ácidos. Se utilizan principalmente a temperaturas altas donde la estabilidad de los agentes de limpieza es un problema.

Ejemplos de ácidos fosfóricos orgánicos:

- Acido Trimetilen Amino Fosfónico (EDTA)
- 1-Hidroxi etilideno-1,1-Disfosfónico
- 2-Fosfonobutano-1, 2, 4-Tricaboxílico

2.7 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE LA LIMPIEZA

Según establece Schmidt (1997) la selección adecuada del detergente, la concentración, tiempo de contacto con la superficie, fuerza o velocidad y la temperatura son de gran importancia para tener una buena limpieza. Cada parámetro puede ser variado independientemente para ajustar la operación de limpieza a un problema específico o al método de operación de cada planta. Esos factores varían de limpieza a mano a limpieza por circulación y dependen del tipo y condición del sucio a ser removido.

El detergente, es el producto que reducirá la tensión superficial del agua, desprendiendo las partículas de suciedad y suspendiéndolas para su eliminación subsiguiente. Incrementando la temperatura: 1) disminuye la fuerza de unión entre el sucio y la superficie. 2) disminuye la viscosidad. 3) aumenta la solubilidad de materiales solubles y 4) aumenta la razón de la reacción química. En la limpieza a mano la fuerza utilizada es la fuerza del brazo mientras que flujo del fluido es utilizada como fuerza en la limpieza por circulación. El aumento de la turbulencia provee una remoción de la película de las superficies más eficiente. Sin embargo la eficiencia no es tan afectada por la turbulencia a medida que la eficiencia físico química del detergente aumenta. Velocidades de limpieza en sistemas por circulación de 1.5 metros por segundo (5 pies por segundo) se recomiendan para asegurarse una turbulencia adecuada. Si todos los factores anteriores se mantienen constantes, la eficiencia de la limpieza puede ser incrementada utilizando tiempos mayores. Finalmente los incrementos en la concentración incrementan la razón de la reacción.

La calidad del agua nunca puede ser sobre enfatizada en las operaciones de limpieza. Si el agua es altamente cargada con minerales que forman incrustaciones (calcio, magnesio, hierro o sulfatos) deben ajustarse los detergentes para eliminar los depósitos minerales o deberá tratarse el agua para reducir su contenido de minerales. La eficiencia del enjuague post-limpieza está relacionada directamente a la calidad del agua. Las sales minerales del agua de enjuague se precipitarán más fácilmente en soluciones alcalinas que en soluciones ácidas. Por consiguiente el acondicionamiento del agua de enjuague con ácido (pH 6.6 o menos) minimizará la deposición de sales minerales del equipo limpio.

2.8 EL CICLO DE LA LIMPIEZA

Reber (1981) establece que el ciclo de limpieza ideal consiste de las siguientes etapas:

1. Pre-enjuague
2. Aplicación de la solución del detergente
3. Enjuague
4. Limpieza periódica o ácida
5. Enjuague

Algunas veces la secuencia debe ser revertida, esto es, limpieza ácida seguida de limpieza alcalina. Estas operaciones son requeridas en todos los procedimientos de limpieza independientemente del método utilizado. Sin embargo, hay casos en que la limpieza y sanitización son consolidadas con el uso de un detergente/sanitizador para obtener una limpieza rápida y económica. El pre-enjuague es importante para minimizar la carga en el sistema de limpieza y puede eficientemente remover hasta 90% de los materiales solubles. La operación de limpieza afloja y remueve el sucio y el post enjuague es requerido para prevenir los redepósitos de sucio en las superficies limpias.

Dependiendo del sucio a removerse, la selección de la temperatura en el pre-enjuague, la concentración de la solución de detergente y el post enjuague son los más críticos. Usualmente agua atemperada a 38-45 °C (100-115 °F) es utilizada para ambos pre y post enjuague y 50-75 °C (120-170 °F) para la solución de detergente alcalino.

3. SANITIZACIÓN

La razón primordial para la aplicación de procedimientos efectivos de sanitización es la reducción de organismos causantes de enfermedades que pueden encontrarse en el equipo, hasta niveles seguros de acuerdo con los requerimientos de salud pública. Además, los procedimientos de sanitización evitan la descomposición de los alimentos. La existencia de cualquier microbio en el ambiente de los alimentos debe ser estrictamente controlada. El alimento puede ser contaminado y los organismos multiplicarse en números suficientes para alterar colores, olores y sabores.

3.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Esterilizante:

Un agente que destruirá o eliminará todas las formas de vida incluyendo todas las formas de bacteria vegetativa, esporas de bacterias, hongos y virus.

Desinfectante:

Consiste en la destrucción de las formas vegetativas de los microorganismos.

Sanitizante

Una sustancia que reduce los contaminantes bacteriales a niveles seguros como lo determinan los requerimientos de salud pública.

Bacteriostático

Un agente que inhibe o previene la reproducción de bacterias.

3.2 TIPOS DE SANITIZADORES

Los sanitizantes se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Agentes físicos
 1. Vapor
 2. Agua caliente (88 °C)
- Agentes químicos
 1. Compuestos clorinados (200 – 500 ppm de cloro disponible)
 2. Complejos de yodo (30 ppm de yodo titulable)
 3. Compuestos de amonio cuaternario (450 ppm de cuaternario disponible)
 4. Combinaciones de ácidos-aniónicos (200 ppm de aniónico disponible)

El área principal de aplicación de cada uno de estos compuestos se logra visualizar en el cuadro 6.

Cuadro 6. Área de aplicación de algunos sanitizadores químicos

Sanitizador	Aplicaciones
Cloro	Superficies en contacto con alimentos, limpieza por circulación, nebulizaciones
Yodóferos	Superficies en contacto con alimentos, inmersión de manos
Ácidos aniónicos	Superficies en contacto con alimentos, atomizado, combina sanitización y enjuague en una sola operación
Cuaternarios	Superficies en contacto con alimentos, mayormente utilizados para sanitización de ambientes, paredes, drenajes, cerámica

Adaptado de Schmidt (1997)

- **Compuestos clorinados**

Son los más utilizados por la industria láctea por tener un amplio espectro bactericida y esporicida. Las soluciones cloradas pierden su actividad fácilmente; por ello, se deben preparar poco antes de ser usadas y no deben exponerse a la luz, calor ni aire por que se descomponen rápidamente y se vaporizan.

Funcionan como sanitizantes el cloro líquido, hipocloritos, cloraminas orgánicas y el dióxido de cloro entre otros.

Ventajas

1. Efectivo contra una amplia variedad de bacterias incluyendo esporas y bacteriófagos
2. Relativamente barato
3. No afectado por aguas duras

Desventajas

1. Corrosivo para muchos metales- los hipocloritos son más corrosivos que los clorinados orgánicos.
2. Irritantes a la piel y membranas mucosas
3. Se disipan rápidamente en las soluciones
4. Su efectividad disminuye con el incremento del pH de la mayoría de las soluciones de cloro.
5. Su actividad decrece rápidamente en la presencia de materias orgánicas.
6. Su olor puede ser ofensivo

- **Yodóferos**

Es un excelente sanitizante, desarrollan una intensa actividad bactericida en medio ácido. Muy utilizados en la sanitización de equipos y superficies y como antisépticos de la piel. Los principales compuestos yodados utilizados como sanitizantes son los que llevan yodo, soluciones de yodo en alcohol y soluciones acuosas del yodo.

Ventajas

1. Amplio espectro de actividad
2. Control visual por color (forma una solución amarilla)
3. No afectado por sales de agua dura
4. No corrosivo o irritante a la piel
5. Previene la formación de películas debido a su naturaleza ácida
6. Su actividad no se pierde rápidamente como con el cloro en la presencia de materias orgánicas
7. Fácilmente titulable con métodos de campo
8. Estable, larga vida en almacenamiento
9. Buenas cualidades de penetración

Desventajas

1. No debe usarse a temperaturas que exceden los 50 °C
2. Acción muy lenta a pH de 7.0 o mayor
3. Puede causar manchado en utensilios plásticos
4. Menos efectivo que el cloro contra esporas y bacteriófagos

- **Compuestos del Amonio Cuaternario**

Son utilizados frecuentemente en suelos, paredes y equipos. Tienen buena capacidad de penetración lo que les hace valiosos para superficies porosas. Los compuestos de amonio cuaternario son sanitizantes muy eficaces contra microorganismos como *L. monocytogenes*, también son muy eficientes en frenar la proliferación de mohos. Entre los principales compuestos de amonio cuaternario se incluyen el cloruro de alquil-dimetil-benzilamonio y el cloruro de alquil-dimetil-etil-benzilamonio.

Ventajas

1. No tóxicos, inodoros, incoloros, no corrosivos, no irritantes
2. Estables al calor y relativamente estables en presencia de materia orgánica
3. Eliminan olores
4. Forman una película bacteriostática
5. Activos contra una gran variedad de microorganismos
6. Activos en un amplio rango de pH

Desventajas

1. Incompatibles con jabones, detergentes catiónicos y materias aniónicas en general
2. Producen problemas de espuma en operaciones mecánicas
3. No destruyen esporas bacterianas

- **Ácidos aniónicos**

Estos sanitizantes actúan con rapidez y matan un amplio espectro de bacterias. Tienen buena estabilidad y son eficaces dentro de un amplio margen de temperaturas. Entre los ácidos aniónicos más utilizados se puede mencionar el ácido peroxiacético y el ácido peracético.

Ventajas

1. Toleran amplio margen de pH
2. Eficaces contra biopelículas

3. Generan poca espuma
4. Estables al calor y ante la materia orgánica, cuentan con características no volátiles

Desventajas

1. Elevado costo
2. Corrosivo para el hierro y otros metales
3. Poca eficacia en presencia de materia orgánica
4. Irritante para la piel

Las distintas características que proporcionan las ventajas y desventajas de los distintos sanitizantes mencionados anteriormente se pueden comparar en el cuadro 7.

Cuadro 7. Comparación de las propiedades físicas y químicas de algunos sanitizadores

Características	Cloro	Yodoferos	Compuestos de amonio cuaternario	Ácidos Aniónicos
Corrosivo	Corrosivo	Poco corrosivo	No corrosivo	Poco corrosivo
Irritante a la piel	Irritante	No irritante	No irritante	Poco irritante
Efectivo a pH neutro	Si	Depende del tipo	En la mayoría de casos	No
Efectivo con pH ácido	Si, pero inestable	Si	En algunos casos	Si, debajo de 3.0-3.5
Efectivo con pH alcalino	Si, pero menos que neutro	No	En la mayoría de casos	No
Afectado por materia orgánica	Si	Moderado	Moderado	Moderado
Afectado por dureza de agua	No	Poco	Si	Poco
Actividad antibacterial residual	Ninguna	Moderada	Si	Si
Costo	Bajo	Alto	Moderado	Moderado
Incompatibilidades	Soluciones ácidas, fenoles, aminas	Detergentes altamente alcalinos	Humectantes aniónicos, jabones y ácidos	Surfactantes catiónicos y detergentes alcalinos
Estabilidad de la solución	Se disipa rápido	Se disipa lento	Estable	Estable
Nivel Máximo permitido por FDA sin enjuague	200 ppm	25 ppm	200 ppm	Varias
Sensitividad a la temperatura del agua	Ninguna	Alta	Moderada	Moderada

Las principales áreas de acción de cada uno de los sanitizantes son dependientes de la composición química de estos, por lo que al momento de actuar contra cierto microorganismos difieren entre sí en cuanto a su eficiencia.

Cuadro 8. Área de acción de diferentes sanitizadores

Sanitizador	Bacteriofagos	Bacteria Gram +	Bacterias Gram -	Bacterias formadoras de esporas	Levaduras	Hongos
Cloro Activo	++	++	++	+	++	+
Acido Peracético	++	++	++	++	++	+
Compuestos de Amonio Cuaternario	-	++	+	-	++	+
Yodóferos	+	++	++	+	++	++

++ Destrucción rápida + Destrucción - No destruye
Adaptado de Schmidt (1997)

3.3 FACTORES QUE AFECTAN LA EFECTIVIDAD GERMICIDA DE LOS SANITIZADORES

Según Smith (1997) entre los factores que afectan la efectividad de los sanitizadores se encuentran

Concentración

Una mínima concentración es requerida por ley para una efectiva desinfección o sanitización, la actividad del desinfectante aumenta con la concentración sin embargo se llega a un límite a altas concentraciones.

pH

El pH del medio puede disminuir la efectividad del sanitizante ya que algunos son más efectivos en medios ácidos y otros en medios alcalinos.

Temperatura

En general agua tibia (entre 38 – 45 °C) es la preferible.

Tiempo de exposición

Un tiempo mínimo es necesario para una completa sanitización, sin embargo a mayor tiempo de exposición mayor es la efectividad.

Limpieza del equipo

Algunos sanitizantes son más afectados que otros por el sucio ya que éste puede neutralizar el efecto bactericida de los mismos.

5. CONCLUSIONES

- Se elaboró un compendio de agentes químicos de limpieza y sanitización, el cual servirá de guía para una correcta aplicación de agentes de limpieza y sanitización en la industria alimentaria.
- No se detectaron coliformes y se registraron conteos máximos de 100 UFC/50 cm² de mesófilos aerobios antes de la limpieza de las tinas de quesos.
- No se encontró diferencia estadística entre los tratamientos analizados.
- Basándose en costos el Detersan[®] es el mejor tratamiento ya que cuenta con el menor precio por dosis y es estadísticamente similar a los otros tratamientos.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar las pruebas microbiológicas en un área en que se tenga mayor incidencia de contaminación por microorganismos, como ser en el área de recibo de leche o en plantas artesanales, para obtener mayores conteos de microorganismos.
- Se recomienda basarse en este compendio al momento de seleccionar el tipo de detergente y sanitizante a usar en las distintas industrias alimentarias.

7. BIBLIOGRAFÍA

CFSAN (Center for Food Safety & Applied Nutrition). 1999. Foodborne disease outbreak articles and databases of interest (en línea). Consultado 22 sep. 2005. Disponible en <http://www.cfsan.fda.gov/~mow/app5.html>

Harper, W; Spillan, M. 1999. Cleaning compounds: characteristics and functions. U.S. The Ohio State University. 8 p.

Jones, T; Gerber, D. 2001. Perceived etiology of foodborne illness among public health personnel (en línea). Consultado 22 sep. 2005. Disponible en <http://www.cdc.gov/ncidod/eid/vol7no5/jones.htm#1>

Luna, L. 2002. Evaluación microbiológica del ambiente y diseño de un plan de monitoreo en la planta de lácteos. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras, 51 p.

Marriott, N. 1999. Principles of food sanitation. U.S.A. Aspen. 364 p.

Marriott, N. 1997. Essentials of food sanitation. U.S.A. Chapman-Hall. 344 p.

McSwane, R. 2001. Food Safety & Sanitation. U.S.A. Prentice Hall. 439 p.

Mittal, K. 1979. Surface contamination: An overview. Plenum Press. 45 p.

Otmer, K. 1961. Enciclopedia de tecnología química. México. UTEHA. 1073 p.

Reber, H. 1981. Limpieza y desinfección en procesamiento de alimentos. 946 p.

Schmidt, R. 1997. Basic Elements of a Sanitation Program for Food Processing and Food Handling. U.S.A. University of Florida, Gainesville. 13 p.

Smith, T. 1997. Sanitation, cleaning and disinfectants. U.S.A. Cooperative extension service. Mississippi State University. 45 p.

Spillan, M. 2002. Cleaning Compounds: characteristics and functions. U.S.A. Department of Food Science and Technology. The Ohio State University. 48 p.

Teuben, J; Barrientos, E. 2000. Microbiología de alimentos, manual de laboratorio. Carrera de Agroindustria. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 119 p.

Wildbrett, G. 2000. Limpieza y desinfección en la industria alimentaria. España. Editorial Acribia., S.A. 349 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Análisis Estadístico

The SAS System 22:34 Thursday, September 29, 2005 22					
The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class Levels Values					
trat 5 trt1 trt2 trt3 trt4 trt5					
Number of observations 15					
The SAS System 22:34 Thursday, September 29, 2005 23					
The GLM Procedure					
Dependent Variable: UFC					
Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.22898054	0.05724513	2.90	0.0785
Error	10	0.19750875	0.01975088		
Corrected Total		14	0.42648929		
R-Square Coeff Var Root MSE UFC Mean					
0.536896 11.48029 0.140538 1.224165					
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trat	4	0.22898054	0.05724513	2.90	0.0785
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trat	4	0.22898054	0.05724513	2.90	0.0785

The SAS System 22:34 Thursday, September 29, 2005 24

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for UFC

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.019751
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	0.3776

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	trat
A	1.3597	3	trt1
A	1.3010	3	trt2
A	1.2594	3	trt3
A	1.2007	3	trt5
A	1.0000	3	trt4